

FORMACION DE IMAGENES RADIOMETRICAS A FRECUENCIAS DE MICROONDAS. APLICACIONES EN TELEDETECCION.

Antoni Brey Rodriguez. Antoni Broquetas Ibars.
Grupo AMR. Dpto. TSC, UPC, E.T.S.I.T.Barcelona.
Aptdo. 30002. 08080 Barcelona (España).

This paper presents the different contributions to the radiation measured by a radiometer, and how they can be related to the physical features of the scene. Several models have been designed to simulate radiometric observation over sea and land. Some radiometric images have been obtained showing the brightness temperature of earth surface and its dependence on surface characteristics, moisture, temperature, wind over sea, etc.

INTRODUCCION

La simulación de imágenes radiométricas de escenas típicas de teledetección permite estudiar las aplicaciones de la radiometría y sirve de ayuda al diseño de experimentos prácticos. Para realizar dichas simulaciones es necesario integrar todos los elementos presentes en la realidad y disponer de modelos manejables para predecir el comportamiento emisivo y absorbente de los medios presentes. A continuación se describe el tratamiento dado al problema y los modelos utilizados para simulaciones como las que se presentan al final del artículo.

TEMPERATURA APARENTE

El comportamiento emisivo de un cuerpo negro (un absorbente perfecto) en la zona de microondas del espectro electromagnético se puede calcular utilizando la aproximación de Rayleigh-Jeans, de manera que el brillo en una determinada dirección y en un ancho de banda Δf será

$$B(\theta, \phi) = \frac{2k}{\lambda^2} T \Delta f$$

donde T es la temperatura física del objeto. Las emisiones de cuerpos no ideales se pueden asociar igualmente a una temperatura de brillo $T_b(\theta, \phi)$ inferior a su temperatura física. Igualmente, la potencia captada por un radiómetro se suele asociar a una temperatura equivalente de ruido de manera que

$$P = k T_{AP} \Delta f$$

donde k es la constante de Boltzmann y Δf el ancho de banda utilizado. En radiometría se acostumbra a trabajar en términos de temperatura aparente en lugar de utilizar potencias, ya que son equivalentes.

FORMACION DE LA TEMPERATURA APARENTE EN TELEDETECCION

La temperatura aparente que se obtiene al observar una escena típica de teledetección está formada por varias contribuciones: radiación generada por la atmósfera, por la superficie terrestre y reflejada por ésta en la dirección de observación (procedente de la atmósfera).

La atmósfera se puede tratar como un medio absorbente en la banda de microondas, es decir, no presenta comportamiento dispersivo. En este caso es posible calcular con cierta facilidad las temperaturas aparentes ascendente T_1 y descendente T_{DN} a partir del perfil de temperatura y de atenuación en función de la altura. En cuanto a la temperatura de brillo de la propia superficie terrestre T_B (tierra o mar), y la parte de energía procedente de la atmósfera que es dispersada en la dirección de observación del radiómetro, se pueden calcular a partir de los coeficientes de dispersión biestáticos según expresiones deducidas por Peake [1].

Para completar las simulaciones se han de añadir las fuentes de radiación situadas fuera de la atmósfera, como son el ruido de fondo del universo, el de nuestra galaxia y las fuentes puntuales, especialmente el Sol

MODELOS

En el cálculo de la absorción atmosférica se ha de considerar la presencia del oxígeno, el vapor de agua y las formaciones nubosas. El resto de gases atmosféricos o no presentan bandas de absorción en la zona de 1 a 100 Ghz o su concentración es despreciable a efectos de comportamiento emisivo. Además de las concentraciones de estos elementos es necesario conocer los perfiles de temperatura, presión y densidad en función de la altura.

En cuanto a las superficies marinas existen varios modelos para tratar su comportamiento emisivo. Al presentar el agua salada una elevada conductividad eléctrica, únicamente es necesario considerar los parámetros superficiales de dicho medio (temperatura, salinidad y rugosidad), pues la penetración de las ondas electromagnéticas es muy baja (unos pocos milímetros en microondas). El modelo utilizado considera el mar como una superficie con rugosidades (directamente relacionadas con la velocidad del viento sobre el mar) mucho mayores que la longitud de onda de trabajo, con una distribución de inclinaciones de tipo gaussiano, según observaciones experimentales.

Los modelos del medio continental son de tipo semiempírico, pues la gran diversidad de condiciones existentes hacen difícil un tratamiento teórico profundo. Los factores que influyen en el comportamiento emisivo de suelo son su contenido acuoso, su textura y composición, la rugosidad, la cobertura vegetal y el contenido hídrico de ésta. Más información se puede encontrar en [3].

SIMULACIONES

Todos los modelos estudiados se han introducido en un conjunto de programas de simulación, de los que se presentan aquí algunos resultados. La figura 1.a corresponde a una simulación de una observación de la zona del aeropuerto de Barcelona, a 35 Ghz, utilizando un radiómetro con una antena de 60 cm. de diámetro. El radiómetro está embarcado en un móvil que vuela a 500 metros de altura y una velocidad de 100 km/h. La resolución espacial que se consigue en estas condiciones es de 10 metros, lo que permite observar varios detalles interesantes. Los objetos menos emisivos se representan con una trama más clara, con una escala lineal de temperaturas aparentes entre 220 K (blanco, excepto los objetos metálicos, con una temperatura aparente mucho más baja que también se representan con trama blanca) y 280 K (negro). Los aviones, objetos metálicos, presentan una temperatura de brillo de 40 K aproximadamente y son perfectamente visibles sobre el fondo de las pistas que brillan como una fuente a 250 K. La simulación se ha hecho considerando la existencia de una cubierta de niebla de 50 metros de grosor, con visibilidad óptica inferior a 30 metros, lo

impediría la utilización de otros métodos de observación pasiva para ver los aviones. La figura 1.b indica la composición de cada zona (1-suelo arenoso, 10-objetos metálicos, 11-cemento, 12-asfalto).

La figura 2.a refleja la sensibilidad a la temperatura del mar de un radiómetro, al simular una observación de la zona del Mediterráneo occidental con un barrido cónico de la escena a 50 grados de inclinación, polarización vertical y una frecuencia de trabajo de 6.6 Ghz. Se puede comprobar que en estas condiciones la sensibilidad a la temperatura del mar es máxima y no se reflejan en la imagen otros factores del medio marino como la salinidad o la rugosidad causada por el viento. La escala de temperaturas es lineal entre 149 K (blanco) y 154 K (negro). En la figura 2.b se representan la temperatura física del agua del mar, en grados centígrados.

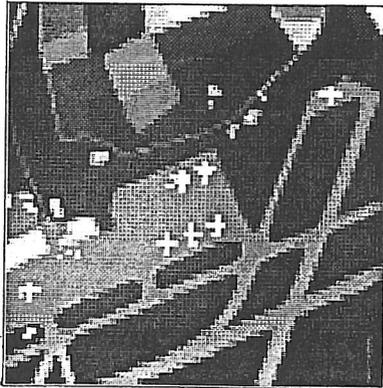
Finalmente, la figura 3.a muestra los resultados de la simulación de una observación de la zona continental del Mediterráneo occidental, a 1.4 Ghz, barrido cónico a 50 grados de inclinación y polarización vertical. La escala de temperaturas aparentes es lineal entre 220 K (blanco) y 315 K (negro). Se puede observar la influencia de la humedad del suelo en la imagen. Este dato se representa en la figura 3.b, donde las diferentes zonas tienen unos contenidos acuosos, en gramos por centímetro cúbico, de 0.10 (1), 0.20 (2) y 0.30 (3).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

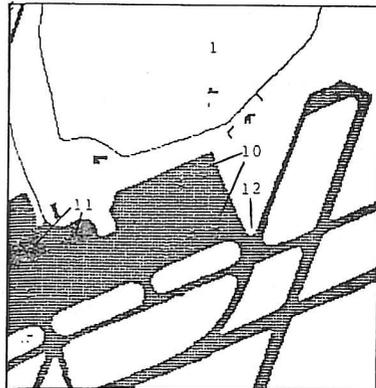
[1] W.H. Peake. (1959), Interaction of Electromagnetic Waves with Some Natural Surfaces. IRE Trans., AP-7, p.5342.

[2] A. Stogryn. (1967), The Apparent Temperatura of the Sea at Microwaves Frequencies. IEEE Trans. Antennas Propag., AP-15, pp. 278-286.

[3] F.T. Ulaby, R.K. Moore, A.K. Fung. (1981), Microwave Remote Sensing, Volume I, II, III. Addison-Wesley Publishing Company (Reading, Massachusetts).

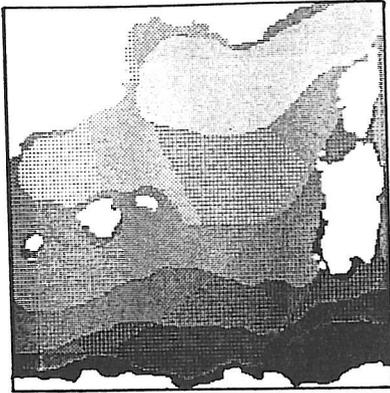


(a)

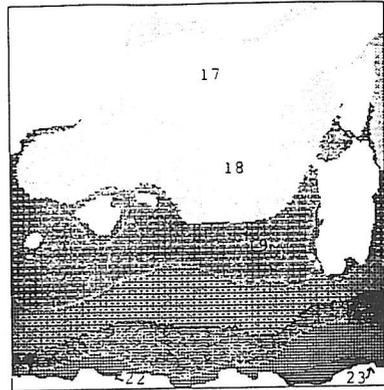


(b)

Figura 1: a - Simulación de una observación de la zona del aeropuerto de Barcelona. b - Materiales constitutivos de cada zona.



(a)

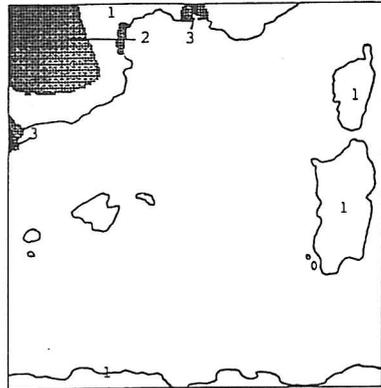


(b)

Figura 2: a - Simulación de una observación de la zona del Mediterráneo occidental. b - Temperaturas físicas del mar de dicha zona.



(a)



(b)

Figura 3: a - Simulación de una observación de la zona continental del Mediterráneo occidental. b - Mapa de humedad del suelo de dicha zona.